

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)特許出願公表番号

特表平9-501271

(43)公表日 平成9年(1997)2月4日

(51)Int.Cl.*	識別記号	庁内整理番号	FI
H01L 21/3065		9275-4M	H01L 21/302 J
C23F 4/00		9352-4K	C23F 4/00 A
G01L 9/04	101	7708-2F	G01L 9/04 101

審査請求 有 予備審査請求 有 (全15頁)

(21)出願番号 特願平7-513465  
 (86)(22)出願日 平成6年(1994)10月28日  
 (85)翻訳文提出日 平成8年(1996)5月10日  
 (86)国際出願番号 PCT/DE94/01274  
 (87)国際公開番号 WO95/13525  
 (87)国際公開日 平成7年(1995)5月18日  
 (31)優先権主張番号 P4338575.3  
 (32)優先日 1993年11月11日  
 (33)優先権主張国 ドイツ(DE)  
 (81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), JP, US

(71)出願人 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト  
 ドイツ連邦共和国 デー-80333 ミュン  
 ヘン ウイツテルスバツヒアーブラツツ  
 2  
 (72)発明者 ベータース、デタルト  
 ドイツ連邦共和国 デー-91315 ヘヒシ  
 ユタツト トロツパウエル シュトラレーセ  
 31  
 (74)代理人 弁理士 富村 潔

(54)【発明の名称】 基板の表面に少なくとも1つの凹みを形成するための方法、この方法を実施するための装置およびこの方法により製造された製品の用途

## (57)【要約】

本発明による方法では、基板(8)の上に開口(6)を有する孔明き絞り装置(5)が載せられ、その際に孔明き絞り装置(5)および基板表面(9)のエッチングすべき範囲(90)は、開口(6)を経てのみ反応空間(4)と接続されている空所(11)を形成する。反応空間(4)のなかで発生されたエッチングガスラジカルにより凹み(10)が基板表面に形成される。こうして滑らかで正確に設定可能な深さプロファイルを有する凹み(10)が得られる。

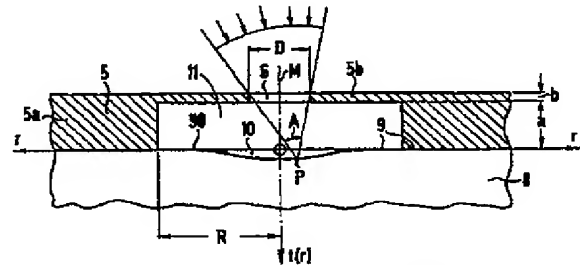


FIG 1

**【特許請求の範囲】**

1. 基板(8)の表面(9)の上に少なくとも1つの凹み(10)を形成するための方法において、

a) 基板(8)が反応空間(4)中に配置される工程と、

b) 基板(8)の表面(9)の上に少なくとも1つの開口(6)を有する孔明き絞り装置(5)が、凹み(10)を形成すべき表面(9)の範囲(90)と孔明き絞り装置(5)との間に開口(6)を経てのみ反応空間(4)と接続される空所(11)が生ずるように、載置または被覆される過程と、

c) 反応空間(4)のなかで、化学的に揮発性反応生成物を形成して基板(8)の材料と反応し得るエッチングガスラジカルが使用される工程とを含んでいることを特徴とする基板の表面に少なくとも1つの凹みを形成するための方法。

2. 基板(8)の表面(9)の上にエッチング保護層(14)が被覆され、このエッチング保護層(14)が、凹み(10)を形成すべき表面(9)のエッチング範囲(91)で孔明き絞り装置(5)の被覆前に再び除去されることを特徴とする請求項1記載の方法。

3. エッチング保護層(14)に補助的に孔明き絞り装置(5)を調節するための調節マーク(15)が形成されることを特徴とする請求項2記載の方法。

4. 半導体材料から成る基板(8)が用いられることを特徴とする請求項1ないし3の1つに記載の方法。

5. エッチングガスラジカルが低圧プラズマ内で発生されることを特徴とする請求項1ないし4の1つに記載の方法。

6. 孔明き絞り装置(5)が予め製造された形態で基板(8)の表面(9)の上に載せられることを特徴とする請求項1ないし5の1つに記載の方法。

7. 孔明き絞り装置(5)の開口(6)が孔明き絞り装置(5)の被覆後に、凹み(10)を形成すべき表面(9)の範囲(90)と平行して予め定められた間隔(a)に配置されていることを特徴とする請求項1ないし6の1つによる方法を実施するための装置。

8. 開口(6)が孔明き絞り装置(5)の被覆後に範囲(90)の中心の上に位置することを特徴とする請求項7記載の装置。

9. 孔明き絞り装置(5)が円筒壺の形態を有し、開口(6)が円形に構成され、また開口(6)の中心軸線(M)が円筒壺の円筒軸線と合致していることを特徴とする請求項7または8記載の装置。

10. 開口(6)が長方形の形態であることを特徴とする請求項7または8記載の装置。

11. 孔明き絞り装置(5)が金属から成っていることを特徴とする請求項7ないし10の1つに記載の装置。

12. ダイアフラムに対するフォームベッドとして使用される請求項1ないし6の1つによる方法により形成された凹み(10)を有する基板(8)。

13. ダイアフラムが圧力センサの一部として使用されることを特徴とする請求項12記載の基板。

## 【発明の詳細な説明】

基板の表面に少なくとも1つの凹みを形成するための方法、この方法を実施するための装置およびこの方法により製造された製品の用途

本発明は、基板の表面に少なくとも1つの凹みを形成するための方法、この方法を実施するための装置およびこの方法により製造された凹みを有する基板の用途に関する。

多くの技術分野でダイアフラムが使用されている。その重要な応用分野には、ダイアフラムの偏位または振動が物理的量の測定のために利用されるセンサがある。その例として一般にシリコン中に製造される圧力センサまたは音響センサがある。すべての応用の際に注意すべきことは、ダイアフラムは過負荷の際に過大な衝撃または押圧作用により破壊され得ることである。このことは特に、ダイアフラムがシリコンのような比較的脆い材料から成っている場合に当てはまる。ダイアフラムの過負荷保護のためには通常、ダイアフラムが過負荷の際に当接し得るフォームベッドが設けられる。

このようなフォームベッドを製造するために、基板の平らな表面に凹みが形成されるいくつかの方法が知られている。

第1の方法ではシリコン基板の(100)表面に苛性カリ熔液(KOH)による異方性の湿式エッチングにより台形状の輪郭を有する凹みが形成される。過負荷の際にダイアフラムは凹みの平らな底の中心範囲内で当接する。従ってフォームベッドの保護機能はこの小さい中心範囲内のみで作用するので、ダイアフラムはそれ以上の負荷を受けると破壊され得る。

このようなフォームベッドを製造するための第2の方法は、順次直径の増すホトレジストマスクを用いて何回も行われる多数のリソグラフィ工程により台形状の輪郭を有する凹みをシリコン基板に形成することにある。リソグラフィ工程の数を増すことにより凹みの輪郭は滑らかなカーブに近づけられる(国際特許出願公開WO90/04701号、特に図3)。しかしながら、ノッチ作用のために問題となる段差が常に残る。さらにこの方法は多数のプロセス工程のために高い

費用がかかり、また各リソグラフィ工程において精密な調節を必要とする。

またグレイゾーン・リソグラフィによってもフォームベッドが製造され得る。この第3の方法では基板に対して所望の凹みの中心に向かって明るくなるグレイゾーンを有するマスクが必要とされる。リソグラフィの際に適当な照射条件のもとに、中心に向かって減少する厚みを有するレジストのプロフィルが生ずる。続いての基板のエッチングの際にレジストマスクが後退し、またますます基板面を露出させる。この製造方法の欠点は、レジストマスクの後退が最良の場合でも10ないし20 $\mu\text{m}$ の大きさまでしか実現できないことにある。それによってこの方法は、フォームベッドの直径がその深さよりもはるかに大きくなければならないときには適用できない。

フォームベッドを製造するための第4の方法は旋盤、フライス盤、研削盤、研磨盤またはビーム加工機による基板の機械的加工である。しかしこの方法の精度は数 $\mu\text{m}$ のプロフィル深さの際には不十分である。

基板表面をエッチングするため、乾式エッチングと呼ばれるエッチング法が公知である。このような乾式エッチングの特長はエッチングガスのラジカルまたはイオンと基板表面との揮発性反応生成物の形成下の化学反応である。化学反応は自発性であってもよいし、イオン、電子または光子により誘発されるものであってもよい。エッチングガスのラジカルは一般に典型的に $10^{-1}\text{Pa}$ と $10^3\text{Pa}$ との間の低圧プラズマ中に発生される。従って、反応性乾式エッチングはこれらの場合にしばしばプラズマエッチングとも呼ばれる。プラズマは電極に与えられる高周波電磁場もしくは直接にマイクロ波として供給される高周波電磁場により発生され得る。乾式エッチングプロセスの実施のために多数のプラズマ反応器の形式が知られている。すべての形式は、エッチングすべき基板が内部に配置されており、また排気およびエッチングガスの供給のための接続口を設けられている受容器を有する。第1の反応器形式、いわゆるトンネル反応器（パレル反応器）では、好ましくは石英から成るケースの内側に、トンネルを形成する中空円筒状の孔明きシールドが設けられている。互いに向かい合う側でシールドは断面がほぼ半円状の電極により囲まれている。電極には高周波発生器により高周波電磁場が与えられる。シールドの内側にいわゆるブーツの上にエッチングすべき基板が

配置されている。シールドは荷電された粒子（電子またはイオン）が基板に到達しないようにする。第2の反応器形式では基板は受容器中に配置された電極の平らな表面の上に配置される。第1の公知の実施形式では基板を有する電極は接地されていてよく、また電氣的に高周波発生器と接続されている別の平らな電極が基板を有する電極に対して並列に受容器中に配置されていてよい。第2の公知の実施形式では基板を有する電極自体が高周波発生器に接続されており、また第2の電極が接地されている。しかしながら受容器のケースが接地されていてもよくまたこうして第2の電極として用いられていてもよい。第3の反応器形式ではガスラジカルがプラズマ空間のなかでマイクロ波により発生され、また導管を経てエッチングすべき基板が配置されているエッチングチャンバに導かれる。上記および他の公知の反応器形式ならびに乾式エッチング法の種々の実施形式に関する概要はランドルト・ベルンスタイン著「サイエンス&テクノロジーグループ3ー結晶&固体物理 - 数値データおよび機能関係」第17巻、半導体、補巻c、「Si、GpおよびSiCテクノロジー」東京1984年」シュプリンガー出版、第319～321、326～328および566および567頁に記載されている。

本発明の課題は、基板の表面に少なくとも1つの凹みを形成するための方法を提供することにある。この凹みはその深さおよびその横方向寸法を精密にかつ再現可能に設定できなければならない、また滑らかな深さプロファイルを有していなければならない。凹みを有する基板はダイアフラムに対するフォームベッドとして使用可能でなければならない。さらに、本方法を実施するための装置が提供されなければならない。

これらの課題は、本発明によれば、請求項1または請求項12または請求項7の特徴部分により解決される。乾式エッチングプロセスでは最初にエッチングすべき基板表面の上に孔明き絞り装置が載置または被覆される。孔明き絞り装置は基板表面の凹みを形成すべき範囲をカバーする。その際に孔明き絞り装置および基板表面は、孔明き絞り装置のなかの開口を経てのみ反応空間と結ばれている空所を形成する。こうして、エッチング中に反応空間に存在しているエッチングラジカルは孔明き絞り装置の開口を通してのみ基板表面のエッチングすべき範囲に

到律し得る。しかしそれによってこのエッチングすべき範囲内のエッチング率は

場所に関係する。エッチングラジカルはほぼ直線状に運動するので、エッチングすべき表面範囲の内側の1箇所におけるエッチング率は、表面上のこの箇所から反応空間を孔明き絞り装置の開口を通して見ることができる空間角度に良好な近似度で比例している。エッチング率は孔明き絞り装置の開口のすぐ下のエッチングすべき表面範囲の中心において最大であり、外方の縁に向かって減少する。その際に空間角度の滑らかな変化、すなわち連続的に微分可能な変化が直接にエッチング率に、従ってまたエッチングプロファイルに伝達される。こうして滑らかなソフトなエッチングプロファイルを有する凹みが生ずる。

本発明の有利な実施態様は従属請求項にあげられている。

以下、図面を参照して本発明を説明する。

図1は孔明き絞り装置を載置した基板の断面図、図2は孔明き絞り装置を取り外した後の基板表面の凹みの深さプロファイル、図3は基板に凹みを形成するための乾式エッチング装置の実施例、図4および図5は円筒状の孔明き絞り装置および基板上のエッチング保護層を有する装置の実施例の平面図または断面図である。同一部分には同一符号が付されている。

図1には基板が符号8を付して、その表面が符号9を付して、表面9の1つの範囲が符号90を付して、この範囲90に位置する表面9の凹みが符号10を付して、この凹み10の底の上の1つの点が符号Pを付して、ソケット状の側部5aおよび蓋部5hを有する壺状の孔明き絞り装置が符号5を付して、蓋部5bのこの孔明き絞り装置の開口が符号6を付して、この開口の直径が符号Dを付して、蓋部5hの厚みに相当するこの開口6の深さが符号bを付して、開口6の中心軸線が符号Mを付して、基板8の表面9からの開口6の間隔が符号aを付して、孔明き絞り装置5および基板表面9により閉じられる空所が符号11を付して、空所11の向こう側で開口6の他の側に位置する反応空間が符号4を付して、また点Pから開口6を通して見た空間角度の一部分が符号Aを付して示されている。孔明き絞り装置5は上側を開口6を除いて閉じられており、また下方に開いている。そのリング状に閉じられたソケット状部分5aにより孔明き絞り装置5は

基板8の表面9の上に、予め製造された形態で載せられ、もしくは相応の層の成長および構造化により被覆され、また一般に凹みの形成後に再び取り除かれる。

図

示されている有利な実施例では、エッチングすべき基板表面8は平らであり、また被覆された孔明き絞り装置5のなかの開口6は表面9に対して平行に向けられている。開口6の形状はいまはっきりしない形態で境界付けられた凹み10の形状にうつる。たとえば長方形の開口6の際には凹み10はほぼ長方形になり、また円形の開口6の際には凹み10はほぼ円形となる。

しかしながら基板8の表面9は任意に湾曲していてもよい。その場合、孔明き絞り装置5は相応に表面9に適合すべきである。開口6は基板8の表面9に対して傾けられていてもよい。その場合には凹み10の非対称な深さプロファイルが得られる。

反応空間4から開口6を通して表面9へのエッチングガスラジカルの進入する流れにより乾式エッチングプロセス中に図示の実施例では基板表面9中に、非常に良好な近似度でダイアフラムの湾曲に相当する深さプロファイル $t(r)$ を有する凹み10が生ずる。

この深さプロファイル $t(r)$ は円形の凹み10に対して図2に再び一層詳細に示されている。それは4次式 $t(r) = t_0 \cdot ((r/r_0)^2 - 1)^2$ により示すことができる。ここで $r_0$ は、既に取り外され従って図2中にはもはや示されていない孔明き絞り装置5の開口6の中心軸線Mに関する凹み10の最大半径である。最大半径 $r_0$ は直径D、開口6の深さbおよびその基板8の表面9からの間隔aに関係している。いま孔明き絞り装置5の側壁により決定されている空所11の側縁が半径方向に最大半径 $r_0$ よりも中心軸線Mに近く位置している場合には、深さプロファイルは縁のこの個所において中断する。その場合、凹み10の実際の半径は中心軸線Mからの空所縁のRを付されている間隔と同じ大きさでしかない。その最大深さ $t_0$ を凹み10は中心軸線Mに沿って有する。この最大深さ $t_0$ はエッチング時間により設定可能である。

凹み10のエッチングのためにはすべての実施例で反応空間4中にエッチング



ガスラジカルを準備する必要がある。このエッチングガスラジカルはガス状の揮発性の反応生成物の形成のもとに基板8の材料と化学的に反応する。典型的にはハロゲン化合物がエッチングガスとしてハロゲンラジカル、特にフッ素および塩素ラジカルの高い反応性のゆえに使用される。適当なエッチングガスが存在する

すべての基板材料がエッチング可能である。好ましくは基板8の材料としてシリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)または炭化シリコン(SiC)のような半導体材料が使用される。しかしながら金属または絶縁物から成る基板8もエッチングすることができる。

エッチングガスラジカルは特に有利な実施例では低圧プラズマ内で発生される。ここで低圧とは0.01ないし1000Paおよび特に0.1ないし100Paの圧力を指している。低圧プラズマは反応空間4から隔てられたプラズマチャンバ内で発生され得る。生じたエッチングガスラジカルは次いでガス導管を経て反応空間4に導かれる。他の実施例では低圧プラズマは直接に反応空間4の内部で発生される。

低圧プラズマ、従ってまたエッチングガスラジカルを発生させるため原理的にはすべての公知のプラズマ反応器が使用可能である。市販されている反応器形式の概要はランドルトおよびベルンシュタインの上述の著書に記載されており、その内容を参照によりここに組み入れるものとする。

図3には平行板反応器を有する本方法を実施するための装置の実施例が示されている。受容器2中に2つの平行な板が電極30および31として配置されている。電極30と31との間に反応空間4が位置している。下側の電極30の上に孔明き絞り装置5を有する基板8が配置される。孔明き絞り装置5は一般に受容器2中に基板8を入れる前に基板8の上に全面的に載せられる。基板8を有する電極30はコンデンサを介して高周波発生器23に接続されており、他方の電極31および受容器2のケースは接地されている。吸出し短管22を介して受容器2は排気され、また供給短管21を介してエッチングガスを装入される。一般に反応空間4のなかで発生されたエッチングガスラジカルの平均自由行程が基板表面9への開口6の間隔aよりも大きいように小さく、また少なくともエッチング

ガスラジカルが空所11を表面9まで横断し得るように大きい特定の低い圧力が設定される。

図4および図5には本方法を実施するための装置の特により利便な実施例が平面図および断面図で示されている。基板8の表面9の上にエッチング保護層14が被覆されている。このエッチング保護層14は、半径 $r_1$ を有する表面9の円形の

エッチング範囲91が露出され、また好ましくは4つの調節マーク15がエッチング範囲91に対して半径対称に形成されるように構造化されている。いま円筒壺のような円筒対称な孔明き絞り装置5がエッチング保護層14の上に載せられる。この円筒壺は回転部分としてたとえばアルミニウムから製造することができる。円筒壺の底には、円形に構成された円筒壺の円筒軸線に等しい中心軸線Mを有する開口6が設けられている。孔明き絞り装置5は調節マーク15を用いてたとえば手作業により顕微鏡のもとで、その開口6の中心軸線Mが垂直に円形のエッチング範囲91の中心点を通して延びるように調節される。この実施例では凹み10の縁はエッチング保護層14に形成されたエッチング範囲91により正確に定められる。エッチング深さプロファイルは半径 $r_1 < r_0$ に対しては、従ってまたエッチング範囲91の縁において垂直に切断される。すなわち、 $r < r_1$ に対しては $t(r) = t_0 \cdot ((r/r_0)^2 - 1)^2$ また $r \geq r_1$ に対しては $t(r) = 0$ が成り立つ。エッチング保護層14は孔明き絞り装置5の取り外しの後に再び除去することができる。 $Si$ から成る基板8にはたとえば $SiO_2$ から成るエッチング保護層14が適している。基板8はその後に緩衝フッ化水素酸により完全に被覆を除去することができる。

凹み10の典型的な寸法はその横方向寸法、特に $r_0$ または $r_1$ または $R$ に対しては好ましくは約 $10\mu m$ ないし $1mm$ であり、またその最大深さ $t_0$ に対しては好ましくは約 $5\mu m$ ないし $50\mu m$ である。

また図示されていない実施例では多数の開口を有する孔明き絞り装置5を設けることができる。その場合、開口6が十分に近接して並び合っているならば、凹み10の深さプロファイルは個別の開口6に対する個別プロファイルの重なり（畳込み積分）として生ずる。開口の相互間隔が十分に大きいならば、この孔明き絞り

装置5により相応の開口6の個別深さプロファイルを有する多数の凹み10が形成され得る。さらに、多数の孔明き絞り装置5を基板8の表面9の上に並び合って載せること、または被覆することも可能である。

孔明き絞り装置5の材料としては好ましくはたとえばアルミニウム (Al)、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、チタン (Ti)、モリブデン (Mo) またはクロム (Cr) のような金属が選ばれる。

【図1】

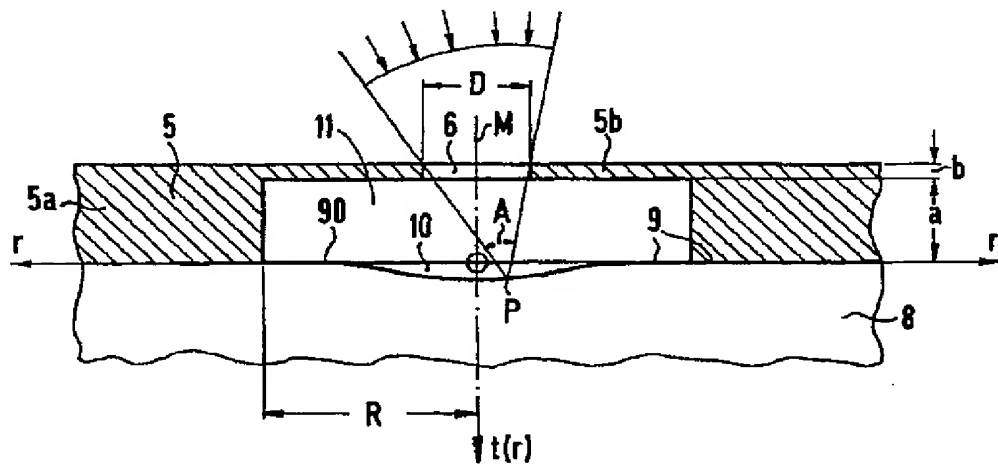


FIG 1

【図2】

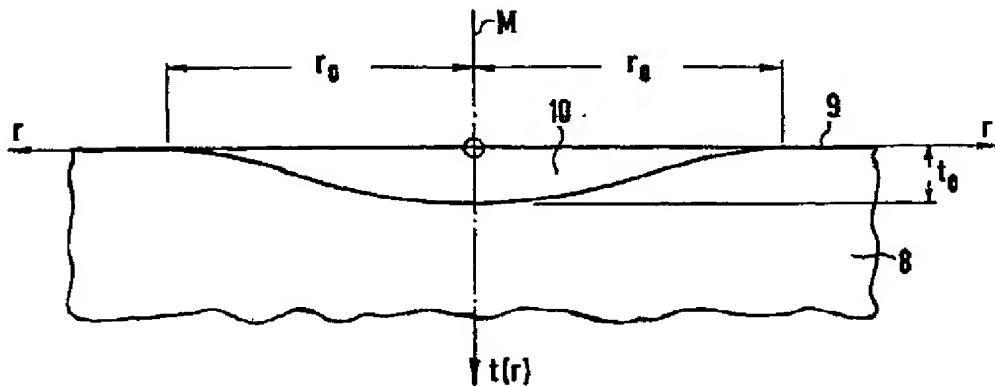


FIG 2

【図3】

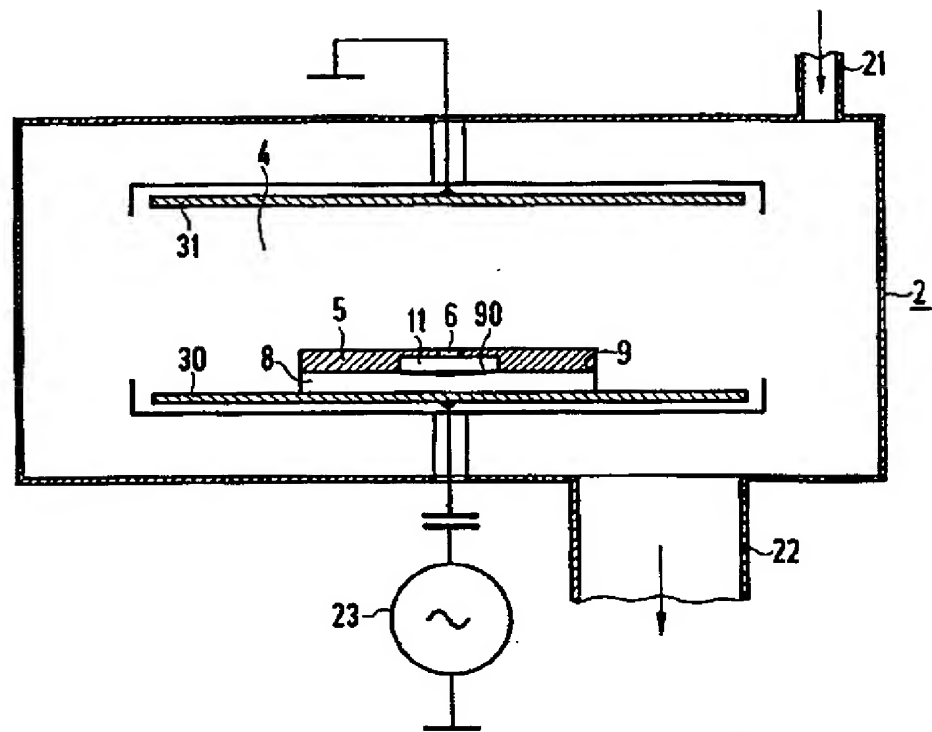


FIG 3

【图4】

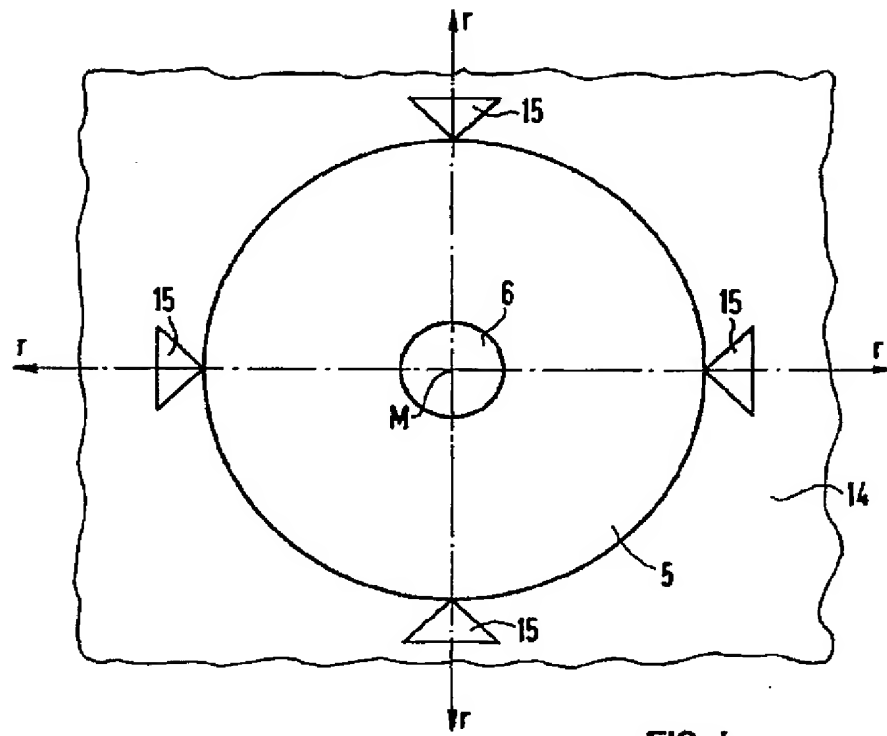


FIG 4

【图5】

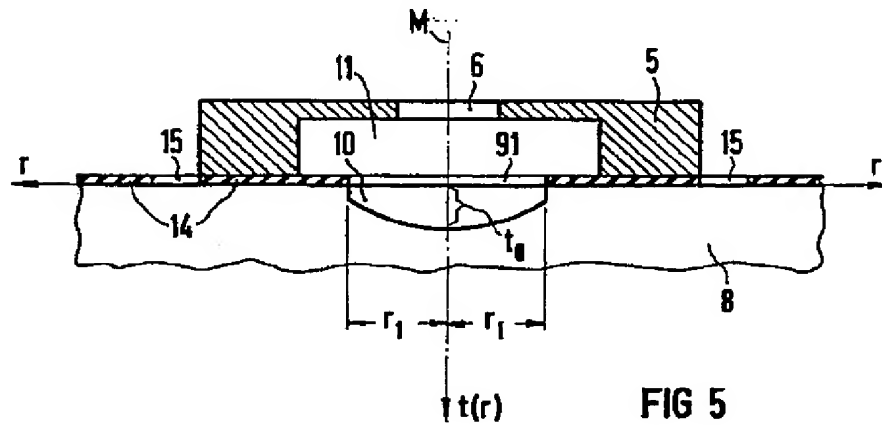


FIG 5

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No. PCT/DE 94/01274		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G01L19/06 G01L9/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 237 844 (BBC AG) 23 September 1987 see the whole document ---	1,2,4-6
A	WO,A,93 17440 (SIEMENS AG) 2 September 1993 see page 5, line 29 - page 6, line 20; figure 1 ---	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 369 (P-525) (2426) 10 December 1986 & JP,A,61 161 431 (YOKOGAWA HOKUSHIN ELECTRIC CORP.) 22 July 1986 see abstract -----	1,2
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 February 1995		Date of making of the international search report 08.03.95
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 spo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Zafiropoulos, N

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
 Information on patent family members

International Application No  
**PCT/DE 94/01274**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0237844	23-09-87	JP-A- 62224028 US-A- 4764249	02-10-87 16-08-88
WO-A-9317440	02-09-93	DE-C- 4206677 EP-A- 0628209	02-09-93 14-12-94